UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Departament de Mecànica de Fluids

Guiones e Informes

Prácticas de Ingeniería de Fluidos

Grado en Ingeniería Mecánica

QT-24/25 - Bimestre 2

R. Castilla

E. Codina

P.J. Gamez-Montero

M. Garcia

G. Raush

Departamento de Mecánica de Fluidos

Campus Terrassa

Universitat Politècnica de Catalunya

Septiembre 2024

PRÁCTICA 1: ENSAYO DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

Una bomba es una máquina que transforma energía mecánica en energía hidráulica. Esta transformación de energía se realiza mediante la acción sobre el fluido de un rotor montado dentro de una carcasa. La bomba a ensayar se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Instalación de ensayo de la bomba centrífuga

Según el sistema de operación de las bombas se pueden clasificar en rotodinámicas y de desplazamiento positivo:

1. Una bomba se llama rotodinámica cuando la transferencia de energía se hace mediante la variación de la cantidad de movimiento o de momento cinético (que de hecho es el mismo principio físico) del fluido al recorrer la máquina. En una máquina de este tipo, el flujo es continuo, es decir, no existe ruptura de la corriente del fluido.
2. Una bomba se llama de desplazamiento positivo cuando el fluido recorre la máquina cerrado en pequeños volúmenes. El flujo resulta discontinuo cuando se entiende que el fluido es transportado desde la entrada a la salida en forma de "paquetes".

Una bomba centrífuga es una máquina rotodinámica en la cual el fluido entra en la dirección del eje de rotación (axialmente) y sale en dirección perpendicular (radialmente). Por esta razón también se les llama bombas "radiales". Por norma general, son bombas que impulsan caudales pequeños

($Q < 0.5$ m^3/s –aprox.) y comunican alturas importantes ($5 < H_B < 200$ m –aprox.). Un ejemplo típico de bomba centrífuga es el que se muestra (Figura 1), que es una bomba de carcasa en espiral, o en línea, o bomba celular vertical, aunque el nombre depende muchas veces del fabricante.

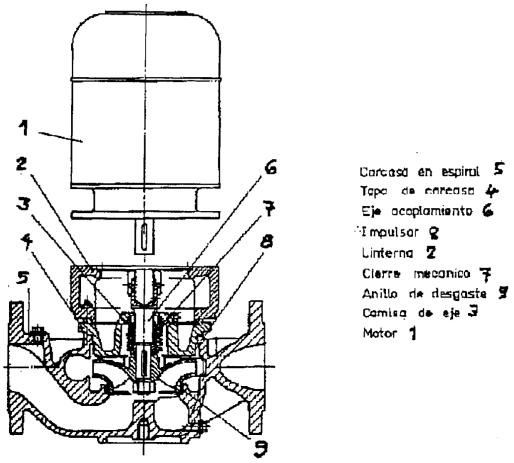


Figura 2. Esquema de una bomba centrífuga

La instalación dispone de un variador de frecuencia para el control y accionamiento de la bomba, el cual permite trabajar con distintas velocidades de giro del eje de la bomba. La incorporación de un variador de frecuencia posibilita la modificación de la curva característica de la bomba, su adaptación a las condiciones de trabajo y el consecuente ahorro de energía. La Figura 3 muestra un ejemplo de curvas H-Q para distintas frecuencias de funcionamiento de una bomba centrífuga.

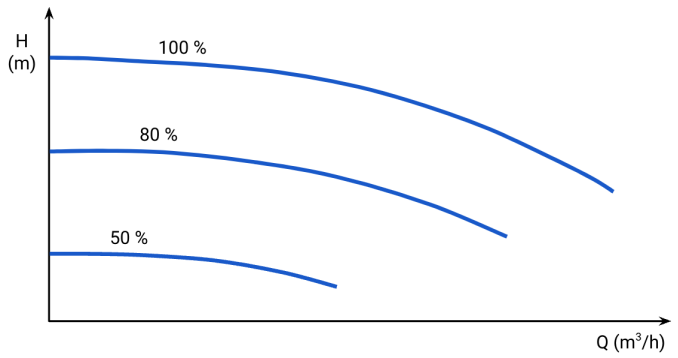


Figura 3. Curvas H-Q para distintas frecuencias de funcionamiento

FÓRMULAS IMPORTANTES PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

Altura de elevación H_B (m) de la bomba:

$$H_B = \left(\frac{p_2 - p_1}{\rho g}\right) + \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}\right) + (z_2 - z_1) \quad (1)$$

donde:

- *p*: presión (Pa)
- *v*: velocidad (m/s)
- *z*: altura geodésica (m)
- *Subíndice 1*: brida de entrada de la bomba
- *Subíndice 2*: brida de salida de la bomba

Rendimiento η_B (-) de la bomba:

$$\eta_B = \frac{\rho g Q H_B}{N_{abs}} \quad (2)$$

donde:

- ρ : densidad (kg/m^3)
- *Q*: caudal impulsado por la bomba (m^3/s)
- N_{abs}: potencia absorbida por la bomba (W)

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL REAL MEDIANTE UN DIAFRAGMA

Un diagrama (Figura 5) es una estrangulación en la tubería, que se utiliza para poder conocer el caudal real que circula por ella.

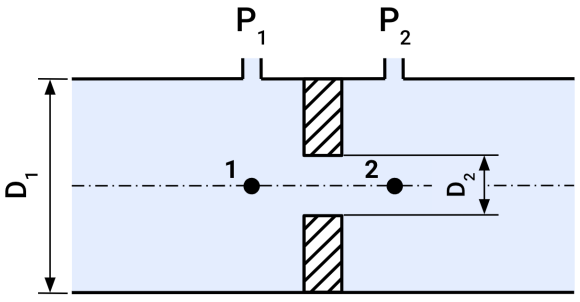


Figura 4. Esquema de un diafragma

Donde:

- P_1 - P_2 = ΔP
- D_1: diámetro de la tubería
- D_2: diámetro del diagrama

Aplicando Bernoulli entre la sección 1 del chorro y su vena contracta (sección 2) tendremos que:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} \tag{3}$$

Ordenando los términos tenemos:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \tag{4}$$

Aplicando la ecuación de continuidad:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \left(\frac{Q^2}{S_2^2} - \frac{Q^2}{S_1^2} \right) \frac{1}{2g} \tag{5}$$

De donde el caudal teórico que ha de pasar por el diafragma será:

$$Q_{teórico} = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho} \frac{1}{\frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2}}} \tag{6}$$

Donde

- ρ: densidad [kg/m^3]
- ΔP :incremento de presión[Pa]ç
- S_1, S_2: área de la tubería y área del diafragma, respectivamente.

Se define el coeficiente de descarga como la relación $C_d = \frac{Q_{real}}{Q_{teórico}}$ con lo cual:

$$Q_{real} = C_d Q_{teórico} \tag{7}$$

Dado que el coeficiente de descarga C_d es función del número de Reynolds, y éste depende de la velocidad real -que no es conocida-, en general se debe realizar el cálculo de forma iterativa. Sin embargo, en esta práctica, a efectos prácticos y de forma aproximada se va a considerar que C_d = 0,6.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE LA PRÁCTICA

La instalación de la práctica (Figura 5) consta de un bucle aprovisionado con una bomba, varias válvulas de bola enumeradas y los correspondientes transductores de presión.

Los indicadores digitales proporcionan la presión (bar) a cada una de las tomas significativas de la instalación: entrada y salida del diafragma -elemento que se utiliza para la medición del caudal- , y aspiración e impulsión de la bomba. El transductor de la aspiración proporciona la presión absoluta.

La bomba es accionada por un motor eléctrico trifásico, conectado a una red de 230 V. El sistema incorpora un variador de frecuencia que permite controlar la velocidad de giro del grupo motor-bomba, mediante la variación de la frecuencia de la corriente alterna que alimenta al motor. El sistema también dispone de un analizador de redes, dispositivo que proporciona la lectura de la potencia activa del motor para cada una de las tres fases.

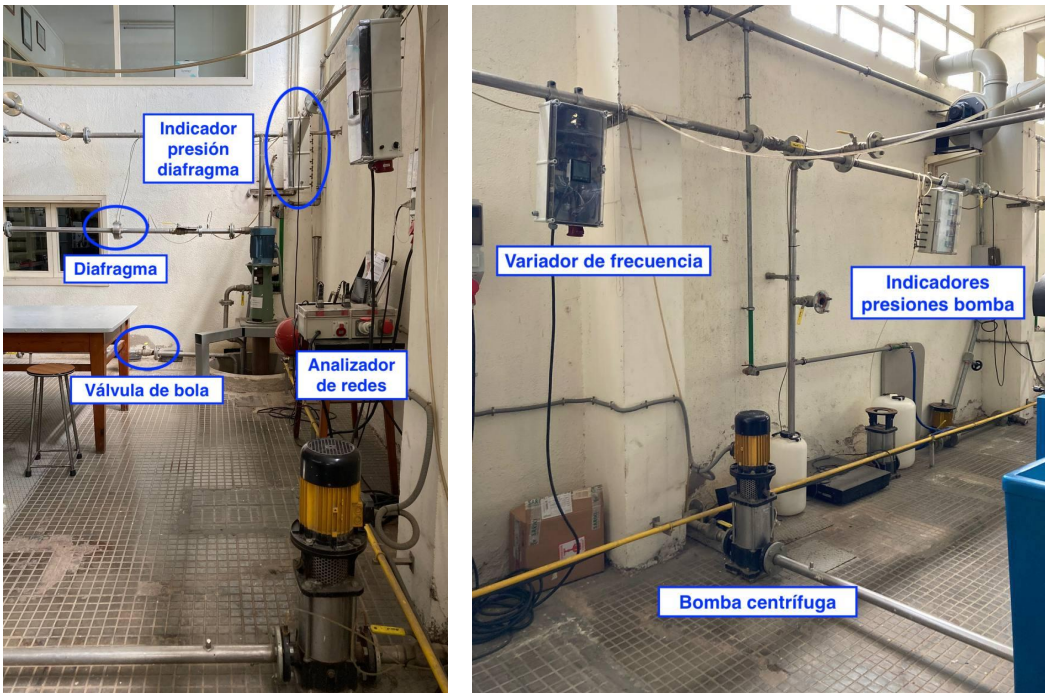


Figura 5. Instalación de ensayo de la bomba

2. OBJETIVOS

El objetivo de esta práctica es encontrar las curvas características H_B-Q, N_{abs}-Q y η_B-Q de una bomba centrífuga, para diferentes velocidades de giro de la bomba.

3. EJECUCIÓN DE LA PRÁCTICA

En primer lugar, avisad al profesorado de prácticas antes de poner en marcha la instalación. El procedimiento experimental a seguir será el siguiente (con la ayuda del profesorado):

1. Cerrado y apertura de las válvulas correspondientes para habilitar el circuito de ensayo para la bomba.
2. Purga de las líneas de presión y encendido de la bomba mediante el accionamiento del interruptor general del cuadro de control, en la máxima frecuencia de giro (consultad este punto con el profesorado). No se debe continuar con el punto 3 hasta que no se haya estabilizado el sistema. Recordad que siempre es mejor

encender las bombas de caudal nulo, por esto se debe mantener cerrada la válvula de retorno al canal.

3. Apertura de la válvula de retorno al canal al máximo.
4. Espera hasta que el sistema esté en régimen permanente.
5. Toma de datos de presión de los diferentes displays digitales de presión de las bridas de aspiración e impulsión, y presión diferencial del diafragma.
6. Toma de la lectura de potencia eléctrica activa consumida por el motor de la bomba del CIRCUITOR. Este dato es la suma de las lecturas de potencia activa consumida por cada una de las tres líneas: L1, L2 y L3. Si no aparece en pantalla la lectura de potencia deseada, se debe pulsar el botón DISPLAY hasta que aparezca o pedir ayuda al profesorado de prácticas.
7. Cierre de la válvula de bola una marca y retorno al punto 4. Siguiendo este procedimiento se obtendrán tantos puntos de funcionamiento como posiciones de la válvula ensayados (se aconsejan 10 puntos: máximo abierta, cerrada y ocho posiciones intermedias). Cada punto de funcionamiento tiene definidos caudal Q, una altura H_B de bomba, una potencia comunicada y consumida N_{abs} y un rendimiento η_B.
8. Apertura de la válvula de bola al máximo.
9. Modificación de la frecuencia de giro (consultad este punto con el profesorado).
10. Repetición de los pasos del 4 al 7.
11. Cierre suave de la válvula de retorno al caudal y apagado de la bomba.

En caso de duda, consultad con el profesorado de prácticas.

4. INFORME

En el informe de esta práctica se deberán presentar los siguientes resultados:

1. Hoja de datos experimentales tal y como se toman en el laboratorio.
2. Una tabla con los datos obtenidos durante la práctica y los resultados de presión, altura y caudal, en unidades del SI.
3. El gráfico H_B-Q (curvas de ambas frecuencias ensayadas) en un papel cuadriculado o con un software adecuado.
4. El gráfico N_{abs}-Q (curvas de ambas frecuencias ensayadas) sobre papel cuadriculado o con un software adecuado.
5. El gráfico η_B-Q (curvas de ambas frecuencias ensayadas) sobre papel cuadriculado o con un software adecuado.
6. Conclusiones sobre los resultados obtenidos.

La plantilla del informe correspondiente se encuentra al final del presente guión.

PRÁCTICA 2: CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA VÁLVULA

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

Las pérdidas que tienen lugar en codos, juntas, válvulas, etc., se llaman pérdidas singulares, o menores, aunque en numerosas ocasiones sean tan importantes como las que se producen por el rozamiento con la tubería.

Esta práctica tiene por objetivo el estudio de las pérdidas de carga en una válvula de control, así como la realización de la curva característica de la válvula.

Figura 1. Válvula a ensayar

PÉRDIDAS DE CARGA OCASIONADAS POR UNA VÁLVULA

Una válvula es un dispositivo que sirve para controlar el flujo en un conducto cerrado, existiendo una gran variedad morfológica, función de los distintos fluidos a transportar y del dispositivo de cierre (válvula de bola, de compuerta, de mariposa, etc.).

Algunos ejemplos de válvulas aparecen en la Figura 2. En el flujo de fluidos incompresibles a través de válvulas de control se cumplen las leyes de conservación de masa y energía.

Así, cuando el fluido que se desplaza en el interior de una tubería atraviesa una restricción, se acelera, debiendo tomar la energía necesaria para la aceleración de la energía de presión del líquido o carga piezométrica. Una vez atravesada la contracción que supone la válvula, se recupera parte de esta energía, mientras que la otra parte se pierde en forma de calor por rozamiento. La Figura 3 muestra entre los puntos 1 y 2:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2gh \tag{1}$$

Donde v_1 y v_2 son las velocidades medias del fluido en las secciones a_1 y a_2 respectivamente, g es la aceleración de la gravedad y h es la variación de la carga piezométrica entre 1 y 2.

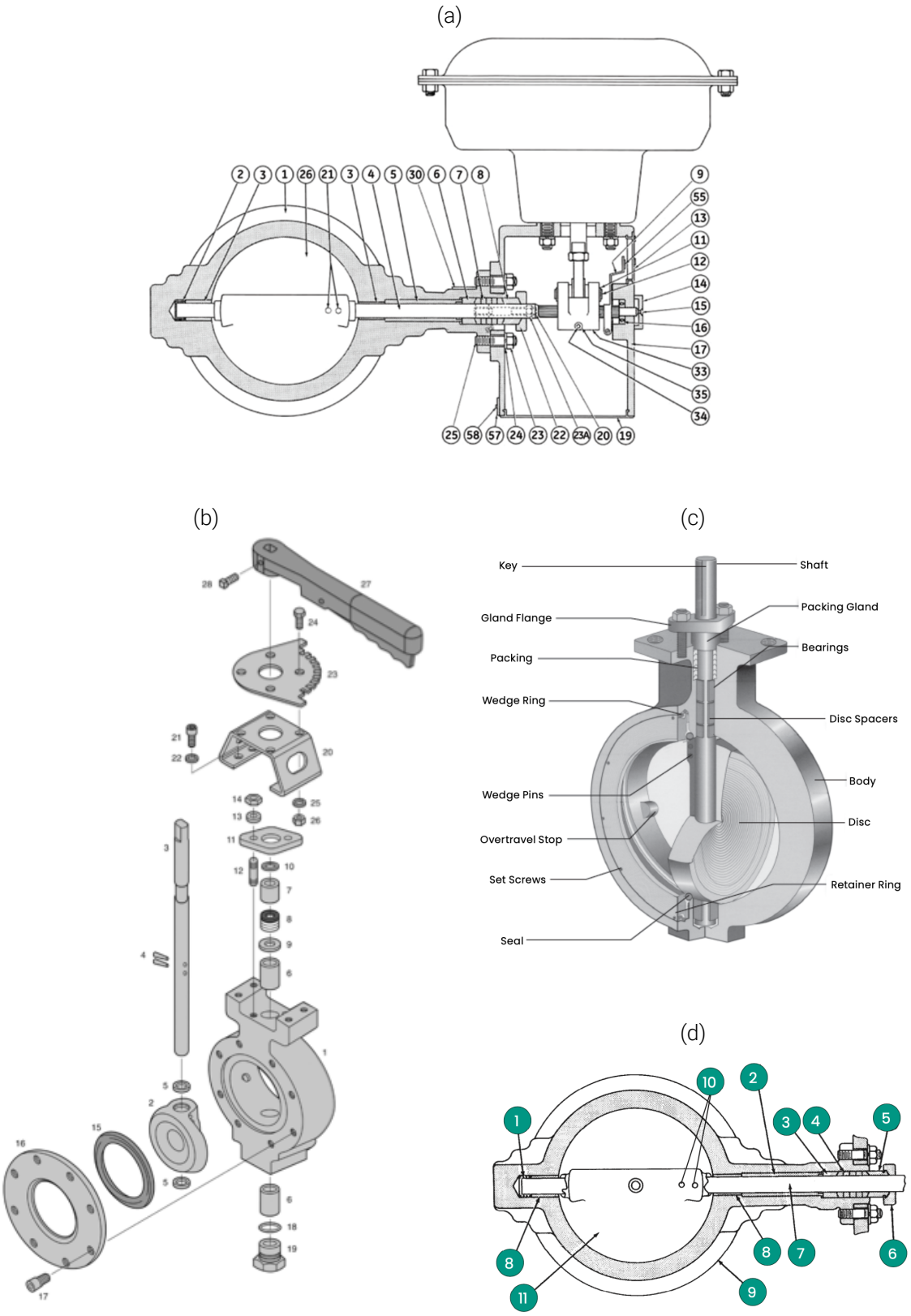


Figura 2. Estructura de una válvula mariposa. Modelos diversos del fabricante Masoneilan.

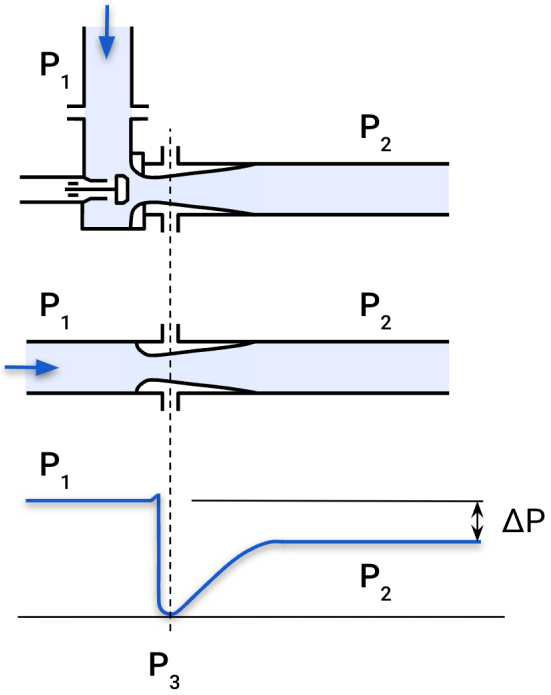


Figura 3. Válvula de control, mostrando el área contraída y la vena contracta. La curva describe el valor de la presión en las distintas secciones del flujo.

Sin embargo, es preciso tener en cuenta la influencia de la contracción de la vena, por tanto si aplicamos Bernoulli entre las secciones 1 y 3 de un fluido afectado por una contracción (Figura 3), tendremos:

$$q_t = a_c \sqrt{2g \frac{P_1 - P_3}{\gamma} \frac{1}{1 - \left(\frac{a_c}{a_1}\right)^2}} \tag{2}$$

Donde:

- q_t: caudal teórico (m^3/s)
- a_c: área de la vena contracta (m^2)
- a_1: área de la tubería de entrada (m^2)
- γ: peso específico del fluido (N/m^3)

Como el caudal real que atraviesa la restricción es siempre menor que el caudal teórico de la expresión (2), y como el área de la vena contracta es también menor que la del orificio que la genera, se debe utilizar un factor C_d, llamado coeficiente de descarga y añadirse a la expresión (2).

Este factor comprende el efecto de contracción de la vena, así como la pérdida de energía debida al rozamiento. En ese caso la expresión (2) se convierte en:

$$q_t = K \sqrt{2g \frac{P_1 - P_3}{\gamma}} \tag{3}$$

siendo el coeficiente $K = \frac{C_d}{\sqrt{1 - \left(\frac{a}{a_1}\right)^2}}$ y *a* el área del orificio.

En la expresión (3) se supone que P_3 ha sido medido en la vena contracta, en el punto donde la sección de la misma es mínima. Si esta presión se mide, como es habitual, a una cierta distancia corriente abajo, entonces hay que sustituir P_3 por P_2 y debe incluirse otro coeficiente de corrección:

$$F_L = \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_{VC}}} \tag{4}$$

Donde $P_{VC} = P_3$. Utilizando unidades SI, y midiendo P_2 corriente abajo, donde se recupera la presión, tendremos que la ecuación (3) puede expresarse del siguiente modo:

$$q = \frac{aK}{F_L}\sqrt{2\frac{\Delta P}{\rho}} \tag{5}$$

Donde:

- *q*: caudal en m^3/s
- *a*: área del orificio en m^2
- $\Delta P = P_1 - P_2$ en Pa
- *ρ*: densidad del fluido en Kg/m^3

Si utilizamos el coeficiente experimental K_v (Figura 4), definido como el caudal circulante para una pérdida de presión igual a 1 bar y dado por la expresión siguiente:

$$K_V = \frac{Q\,(m^3/h)}{\sqrt{1bar}} = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P}} \tag{6}$$

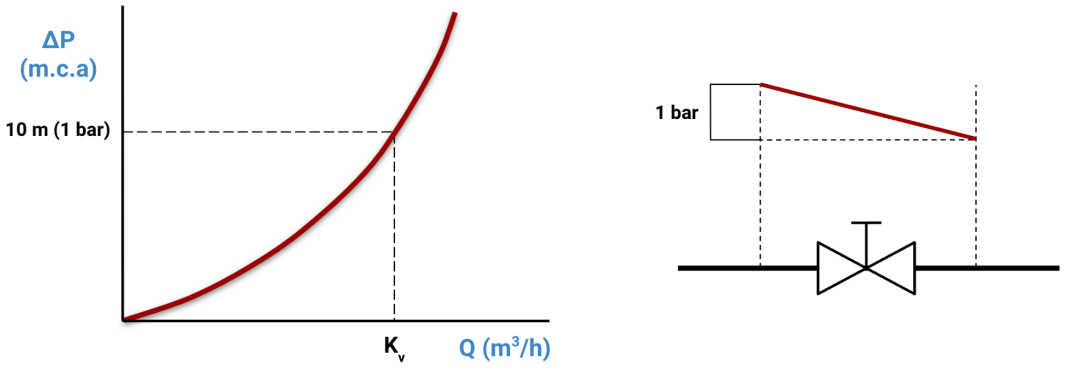


Figura 4. Representación gráfica del coeficiente K_v

A continuación podremos expresar la ecuación (3) de la forma $Q = K_v\sqrt{\Delta P}$

donde hay que tener en cuenta el cambio en las unidades de Q y de ΔP.

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL REAL MEDIANTE UN DIAFRAGMA

Un diagrama (Figura 5) es una estrangulación en la tubería, que se utiliza para poder conocer el caudal real que circula por ella.

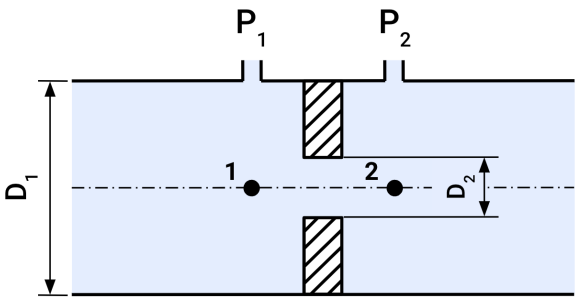


Figura 5. Esquema de un diafragma

Donde:

- P_1 - P_2 = ΔP
- D_1: diámetro de la tubería
- D_2: diámetro del diagrama

Aplicando Bernoulli entre la sección 1 del chorro y su vena contracta (sección 2) tendremos que:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} \tag{7}$$

Ordenando los términos tenemos:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \tag{8}$$

Aplicando la ecuación de continuidad:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \left(\frac{Q^2}{S_2^2} - \frac{Q^2}{S_1^2}\right)\frac{1}{2g} \tag{9}$$

De donde el caudal teórico que ha de pasar por el diafragma será:

$$Q_{teórico} = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}\frac{1}{\frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2}}} \tag{10}$$

Donde

- ρ: densidad [kg/m^3]
- ΔP :incremento de presión[Pa]ç
- S_1, S_2: área de la tubería y área del diafragma, respectivamente.

Se define el coeficiente de descarga como la relación $C_d = \frac{Q_{real}}{Q_{teórico}}$ con lo cual:

$$Q_{real} = C_d Q_{teórico} \tag{11}$$

Dado que el coeficiente de descarga C_d es función del número de Reynolds, y éste depende de la velocidad real -que no es conocida-, en general se debe realizar el cálculo de forma iterativa. Sin embargo, en esta práctica, a efectos prácticos y de forma aproximada se va a considerar que C_d = 0,6.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación de prácticas consta de un conjunto de tuberías, válvulas, depósito y bomba, en un circuito cerrado, y cuya disposición permite la determinación de curvas características de válvulas. La Figura 6 muestra los componentes de la instalación, donde:

- Válvulas V1 y V2 (vávula a ensayar).
- Diafragma (medición de caudal).
- Displays digitales de presión.

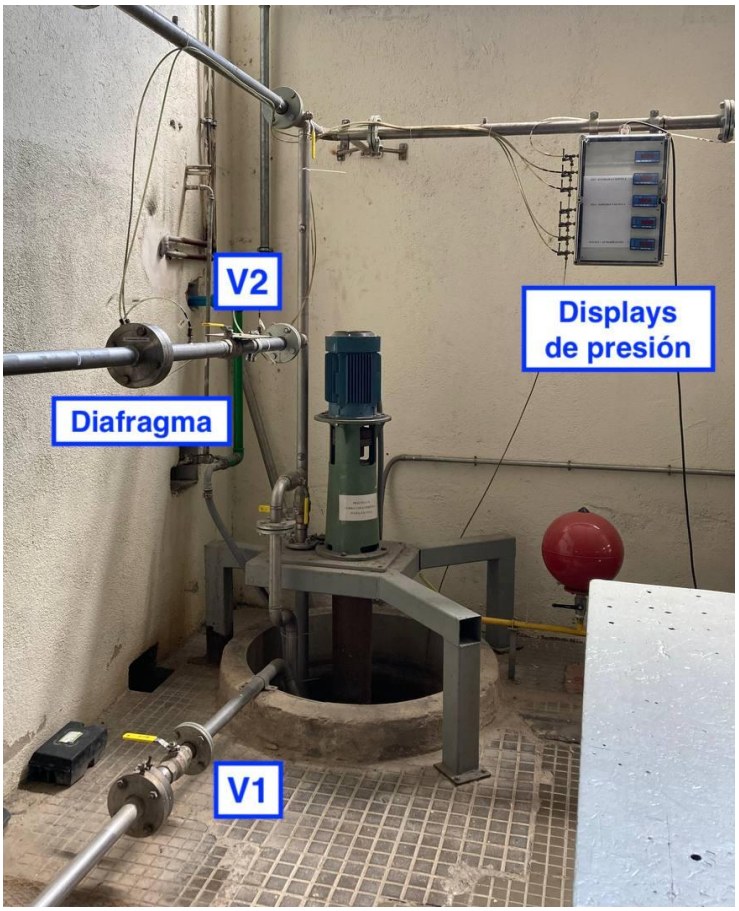


Figura 6. Instalación de ensayo de la válvula

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta práctica consiste en la obtención de la curva inherente de la válvula ensayada.

3. EJECUCIÓN DE LA PRÁCTICA

En primer lugar, avisad al profesorado de prácticas antes de poner en marcha la instalación. El procedimiento experimental a seguir será el siguiente (con la ayuda del profesorado):

1. Apertura total de la válvula V_1
2. Puesta en marcha de la bomba
3. Apertura parcial (25%) de la válvula V_2 (válvula a ensayar).
4. Toma de datos en los distintos puntos de toma de presión: entrada y salida de la válvula y caída de presión en el diafragma. División de esta caída de presión del diafragma entre 5 (aprox.)
5. Cierre parcial de la válvula V_1. La caída de presión en el diafragma debe ser ahora, más o menos, un 20% menor.
6. Toma de datos en los distintos puntos de toma de presión: entrada y salida de la válvula y caída de presión en el diafragma.
7. Repetición de los pasos 5 y 6 hasta que la válvula V_1 esté un 20% abierta.
8. Apertura total de la válvula V_1
9. Apertura parcial (50%) de la válvula V_2 (válvula a ensayar).
10. Repetición de los pasos 4 a 8.
11. Apertura parcial (75%) de la válvula V_2 (válvula a ensayar).
12. Repetición de los pasos 4 a 8.
13. Apertura parcial (100%) de la válvula V_2 (válvula a ensayar).
14. Repetición de los pasos 4 a 8.

Cálculos de caudales y K_v, y representación de la curva inherente

El caudal real Q_{real} se determina utilizando el diafragma:

a) Determinación del caudal teórico $Q_{Teórico}$ mediante la ecuación (10)
b) El caudal real Q_{real} vendrá dado por la ecuación (11)

Dado que el coeficiente de descarga Cd es función del número de Reynolds, y éste depende de la velocidad real -que no es conocida-, en general se debe realizar el cálculo de forma iterativa. Sin embargo, en esta práctica, a efectos prácticos y de forma aproximada se va a considerar que C_d= 0,6.

Con los datos ΔP-Q se calcula, mediante una regresión lineal de $\Delta P=f(Q^2)$, el valor de K_v:

a) Se considera $\Delta P=AQ^2$ y se obtiene el valor de A.
b) Se determina el caudal correspondiente a $\Delta P=1$ *bar*, mediante la expresión anterior.
c) Se calcula el valor de K_v, mediante la ecuación (6).

Se debe dibujar la curva inherente de la válvula,la cual consiste en representar (Figura 7) el % de K_v máximo respecto a la apertura de la válvula, expresada también en % de apertura máxima.

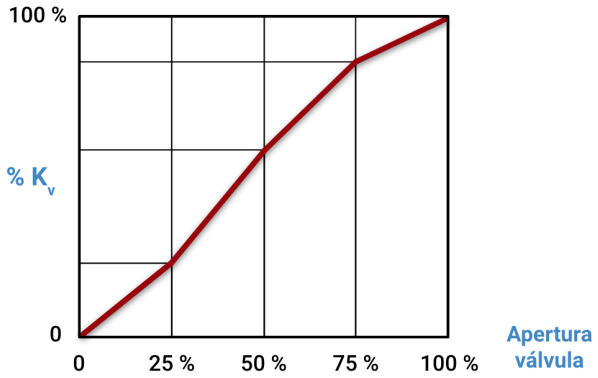


Figura 7. Curva inherente de una válvula

4. INFORME

En el informe de esta práctica se deberán presentar los siguientes resultados:

1. Hoja de datos experimentales tal y como se toman en el laboratorio.
2. Tabla con los datos obtenidos durante la práctica y los resultados de presión, altura y caudal, en unidades del SI.
3. Tabla con los caudales y K_v determinados para todas las posiciones de las válvulas.
4. Curva inherente de la válvula V_2.

La plantilla del informe correspondiente se encuentra al final del presente guión.

PRÁCTICA 3: ENSAYO DE UN VENTILADOR RADIAL

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

Esta práctica tiene como objetivo general introducir al alumnado en el ensayo de turbomáquinas y, particularmente, la que corresponde a un ventilador radial. La instalación se muestra en la Figura 1.

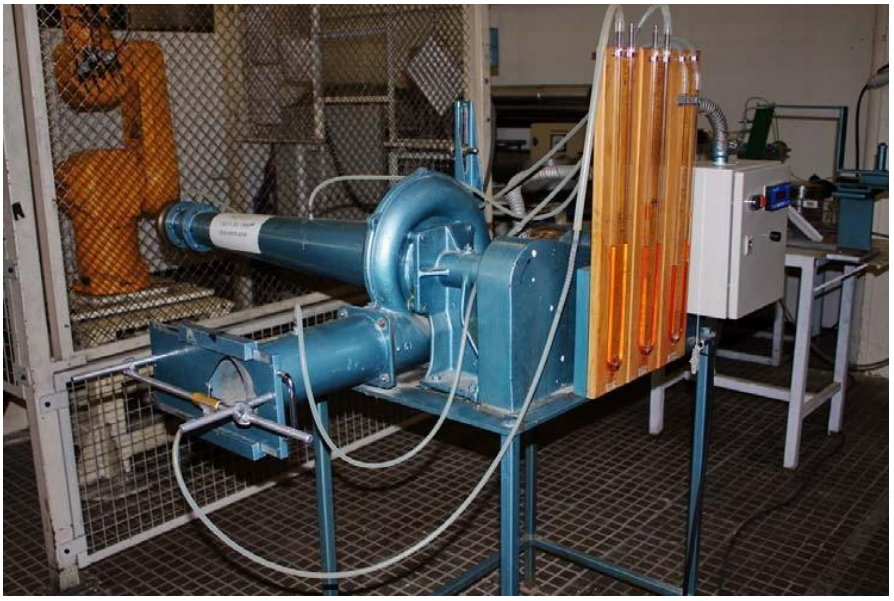


Figura 1. Instalación de ensayo del ventilador radial

Un ventilador es una turbomáquina rotodinámica que se caracteriza por impulsar un gas, en nuestro caso, aire. A pesar de que todos los fluidos son compresibles, y por tanto, los gases en principio son compresibles, resulta que en numerosas aplicaciones prácticas el incremento de presión comunicado al gas no afecta su densidad significativamente, simplificándose así el tratamiento analítico de los problemas.

Los ventiladores se pueden clasificar en función del incremento de presión que comunican, siendo así:

- Ventiladores de **baja** presión (o simplemente ventiladores), que llegan a presiones del orden de 200 mm.c.a
- Ventiladores de **media** presión (soplantes), entre 200 y 800 mm.c.a
- Ventiladores de **alta** presión (turbosoplantes), entre 800 y 2500 mm.c.a
- Ventiladores de **muy alta** presión (turbocompresores)

Como las bombas, los ventiladores se pueden clasificar en función de la trayectoria del aire por su interior: radiales (centrífugos), semi-axiales (helico-centrífugos) y axiales.

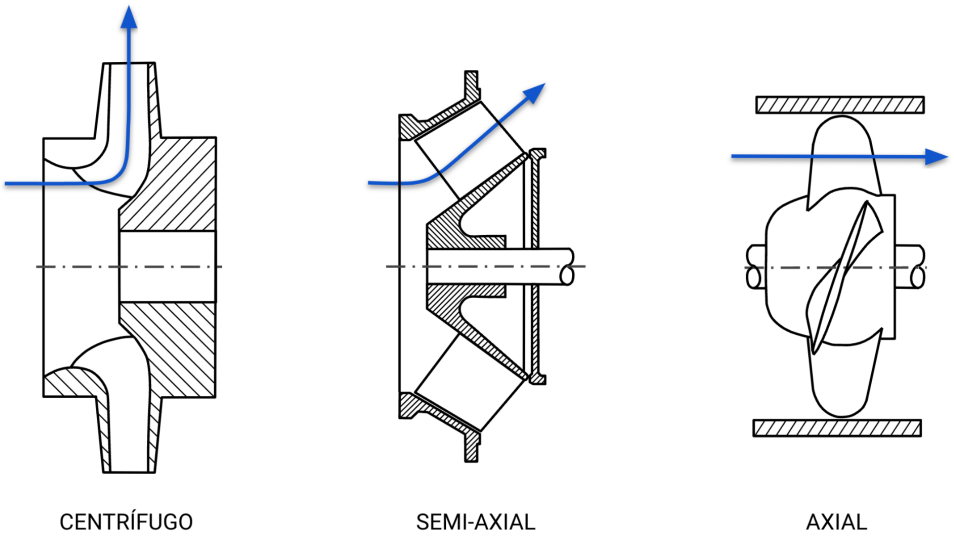


Figura 2: Clasificación de los ventiladores en función de las características de la trayectoria del aire

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación experimental (Figura 1) está constituida esencialmente por un ventilador radial, accionado por un motor eléctrico y un sistema eléctrico de variación de velocidad del ventilador. Además, se cuenta con los siguientes elementos:

- Conducción de sección variable que recoge el aire que sale del ventilador
- Sondas de presión estática
- Soportes de las sondas de presión estática
- Manómetros de alcohol en "U"
- Dinamómetro
- Tacómetro
- Tobera de entrada

La presión total que comunica el ventilador se define como la suma, para cada caudal impulsado, del incremento de presión estática y la presión dinámica. En esta práctica la presión estática se medirá mediante sondas estáticas. La presión dinámica se calculará a partir del caudal medido mediante la tobera.

Los datos experimentales deberán añadirse al informe de la práctica tal y como sean obtenidos en el laboratorio, pudiendo presentarse los cálculos y gráficos necesarios de modo análogo al siguiente:

a) Columna de altura manométrica de las sondas de la tobera h_{tobera}. Se expresará en mm de columna de alcohol.
b) Columna de diferencias de altura manométrica de las sondas estática $h_{ent\text{-}sal}$. Se expresará en mm de columna de alcohol.

c) Columna de fuerza medida en el dinamómetro Fd. Se expresará en kilopondios o kilogramo fuerza.

d) Cálculo del caudal impulsado. Mediante la lectura de la tobera y la siguiente expresión:

$$Q_{tobera} = C_d S_{tobera} \sqrt{2gh_{tobera} \frac{\rho_{alcohol}}{\rho_{aire}}} \quad (1)$$

donde:

- C_d : coeficiente de descarga. En nuestro caso, para la tobera normalizada, su valor podrá suponerse la unidad.
- S_{tobera} : sección de la tobera de entrada al ventilador. El diámetro de entrada de la tobera es de 76.18 mm.
- $\rho_{alcohol}$: densidad del alcohol (780 kg/m^3)
- ρ_{aire} : densidad del aire seco (kg/m^3)

La densidad del aire seco, en las condiciones del laboratorio, se obtendrá de la expresión de los gases perfectos:

$$\frac{P}{\rho} = RT \quad (2)$$

donde:

- P : presión absoluta (Pa)
- ρ : densidad (kg/m^3)
- R : constante del aire, R = 287(J/kg·K)
- T : temperatura (K)

La presión y la temperatura deberán medirse con los instrumentos disponibles en el laboratorio.

e) Incremento de presión total mediante:

$$P_{TOT} = P_{est} + P_{din} = P_{est} + \rho \frac{v^2}{2} \quad (3)$$

$$\Delta P_{TOT} = P_{TOT,sal} - P_{TOT,ent}$$

f) Potencia absorbida mediante:

$$M = F_d b; \; N_{abs} = M\omega \quad (4)$$

donde:

- b : brazo del momento (0,15 m)
- F_d : fuerza medida en el dinamómetro (N)
- ω : velocidad de giro del ventilador (rad/s)

g) Rendimiento:

$$\eta = \frac{N_{comunicada}}{N_{abs}} \tag{5}$$

donde

$$N_{comunicada} = \Delta P_{TOT} Q_{tobera} = \left\{ \left[p_{est} + \rho \frac{v^2}{2} \right]_{sal} - \left[p_{est} + \rho \frac{v^2}{2} \right]_{ent} \right\} Q_{tobera} =$$

$$= \frac{\left[p_{est} + \rho \frac{v^2}{2} \right]_{ent}^{sal}}{\rho} \rho Q_{tobera} = Y \dot{m} \tag{6}$$

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta práctica es la obtención de las curvas características ΔP_{TOT}-Q, N_{abs}-Q y η-Q de un ventilador radial a una velocidad fija de rotación del accionamiento.

3. EJECUCIÓN DE LA PRÁCTICA

En primer lugar, avisad al profesorado de prácticas antes de poner en marcha la instalación. El procedimiento experimental a seguir será el siguiente (con la ayuda del profesorado):

1. Toma de las mediciones de presión y temperatura ambiente en el laboratorio.
2. Selección de la velocidad de giro del acoplamiento.
3. Toma de las lecturas manométricas de tobera y sondas estáticas, así como la fuerza dinamométrica que equilibra el balanceo del motor.
4. Cierre parcial de la compuerta para cambiar el punto de funcionamiento del ventilador y volved al punto 3. Siguiendo este procedimiento obtendréis tantos puntos de funcionamiento como posiciones de la compuerta ensayéis (se aconsejan 10 puntos: máximo abierta, cerrada y ocho posiciones intermedias). Cada punto de funcionamiento tiene definidos caudal Q_{tobera}, una presión estática de salida $P_{est,sal}$ y entrada $P_{est,ent}$ del ventilador, una potencia comunicada y consumida N_{abs} y un rendimiento η.
5. Finalmente, apertura de la compuerta suavemente y apagado del accionamiento.

En caso de duda, consultad con el profesorado de prácticas.

4. INFORME

En el informe de esta práctica se deberán presentar los siguientes resultados:

1. Hoja de datos experimentales tal y como se toman en el laboratorio.
2. Cálculo del caudal de salida del ventilador para cada punto de funcionamiento
3. Cálculo del incremento de presión total para cada punto de funcionamiento
4. Cálculo de la potencia absorbida para cada punto de funcionamiento
5. El gráfico ΔP_{TOT}-Q en un papel cuadriculado o con un software adecuado
6. El gráfico N_{abs}-Q sobre papel cuadriculado o con un software adecuado
7. El gráfico η-Q sobre papel cuadriculado o con un software adecuado

La plantilla del informe correspondiente se encuentra al final del presente guión.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Departament de Mecànica de Fluids

Guías para la realización de los Informes de Prácticas

Ingeniería de Fluidos

Grado en Ingeniería Mecánica

QT-24/25

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Departament de Mecànica de Fluids

EJEMPLO DE PORTADA DE PRÁCTICA

Nº de práctica _____ **Título de la práctica** _____

Día y horario de realización de la práctica en el laboratorio _____ (dd/mm/aaaa)
_____ (hh:00 - hh:00)

Nombre del/la profesor/a del laboratorio
(Profesor/a que explicó el procedimiento de realización de la práctica en el laboratorio)

_____

Grupo de teoría _____ **Grupo de prácticas** _____ **Equipo de prácticas** _____

Nombre y apellidos de los miembros del equipo

1.
2.
3.
4.
5.

Número total de páginas del informe: _____

INFORME DE PRÁCTICA 1: ENSAYO DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA

(i) Condiciones ambientales del laboratorio

Temperatura	ºC	
Presión atmosférica	mmHg	Pa

(ii) Datos

Densidad agua	1000 kg/m^3
Diámetro interno de la tubería, D_1	2" = 50,8 mm
Diámetro de diafragma, D_2	24,5 mm
Coeficiente descarga diafragma, C_d	0,6

(iii) Datos experimentales f_1 = Hz | f_2 = Hz

f_1	ΔP_{diaf} (bar)	P_1 (bar)	P_2 (bar)	N_1 (kW)	N_2 (kW)	N_3 (kW)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

f_2	ΔP_{diaf} (bar)	P_1 (bar)	P_2 (bar)	N_1 (kW)	N_2 (kW)	N_3 (kW)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

(iv) Cálculos

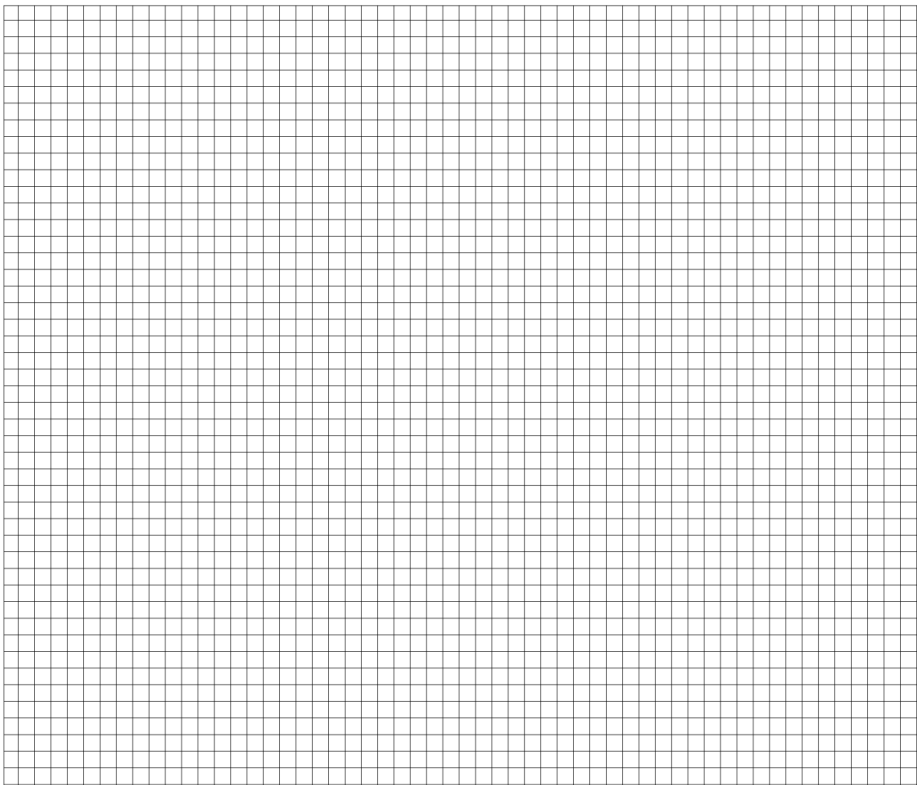
Sección tubería	m^2
Sección diafragma	m^2

f_1	ΔP_{diaf} (Pa)	P_1 (Pa)	P_2 (Pa)	N_{abs} (W)	$Q_{teórico}$ (m^3/s)	Q_{real} (m^3/s)	H_B (m)	η_B (%)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

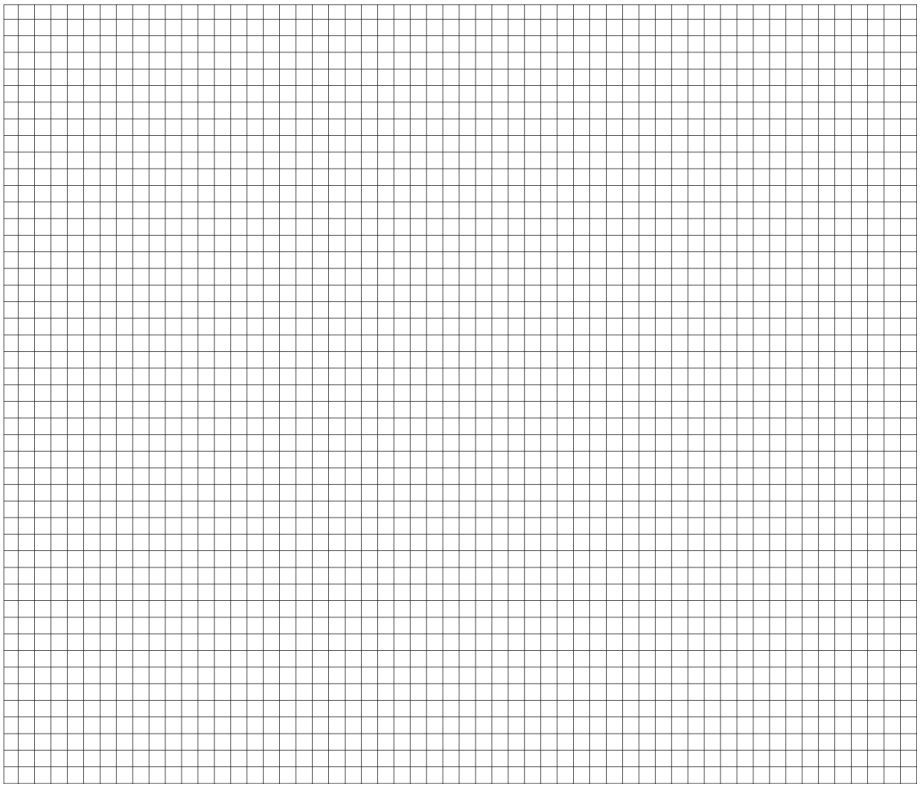
f_2	ΔP_{diaf} (Pa)	P_1 (Pa)	P_2 (Pa)	N_{abs} (W)	$Q_{teórico}$ (m^3/s)	Q_{real} (m^3/s)	H_B (m)	η_B (%)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

(v) Curvas características

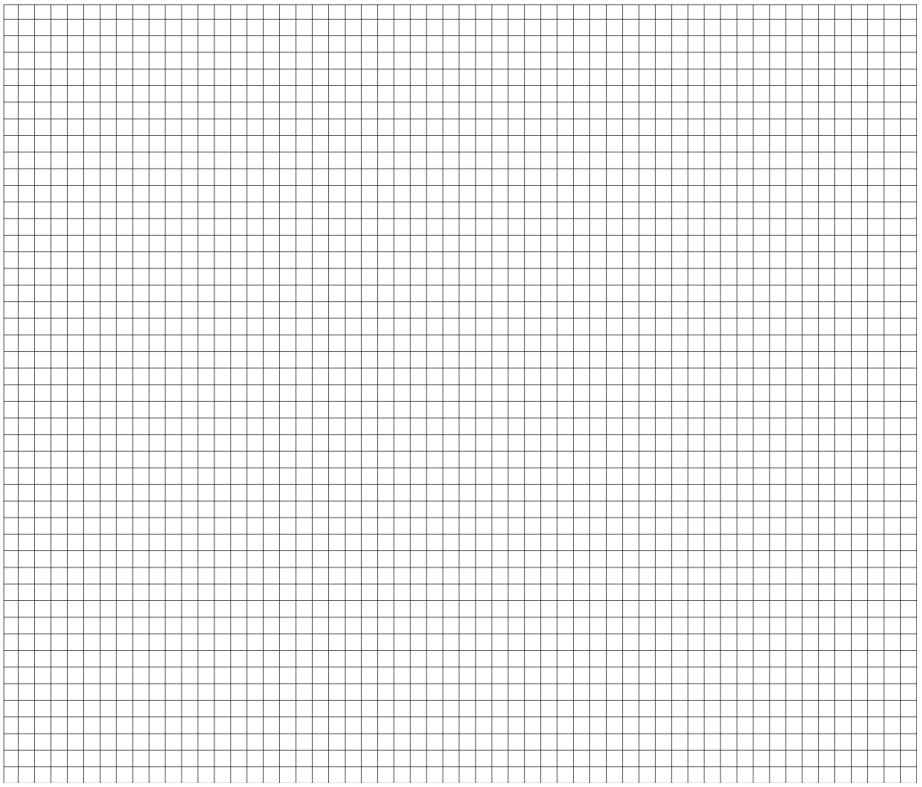
H_B - Q



N_{abs} - Q



η_B - Q



Conclusiones y comentarios:

INFORME DE PRÁCTICA 2: CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA VÁLVULA

(i) Condiciones ambientales del laboratorio

Temperatura	ºC	
Presión atmosférica	mmHg	Pa

(ii) Datos

Diámetro interno de la tubería, D_1	2" = 50,8 mm
Diámetro de diafragma, D_2	24,5 mm
Coeficiente descarga diafragma, C_d	0,6

(iii) Datos experimentales y cálculo del K_v

V2: 25%	Diafragma				Válvula			
	ΔP (bar)	ΔP (Pa)	Q (m^3/s)	Q^2 (m^6/s^2)	P1 (bar)	P2 (bar)	ΔP (bar)	ΔP (Pa)
1								
2								
3								
4								
5								

Regresión $\Delta P = AQ^2$; $A =$ _____ $\frac{Pa}{m^6/s^2}$

$\Delta P_v = 1\ bar = 10^5 Pa \rightarrow Q =$ _____ $m^3/s \rightarrow K_{v\,25\%} =$ _____ m^3/h

V2: 50%	Diafragma				Válvula			
	ΔP (bar)	ΔP (Pa)	Q (m^3/s)	Q^2 (m^6/s^2)	P1 (bar)	P2 (bar)	ΔP (bar)	ΔP (Pa)
1								
2								
3								
4								
5								

Regresión $\Delta P = AQ^2$; $A =$ _____ $\frac{Pa}{m^6/s^2}$

$\Delta P_v = 1\ bar = 10^5 Pa \rightarrow Q =$ _____ $m^3/s \rightarrow K_{v\,50\%} =$ _____ m^3/h

V2: 75%	Diafragma				Válvula			
	ΔP (bar)	ΔP (Pa)	Q (m^3/s)	Q^2 (m^6/s^2)	P1 (bar)	P2 (bar)	ΔP (bar)	ΔP (Pa)
1								
2								
3								
4								
5								

Regresión $\Delta P = AQ^2$; $A =$ _____ $\frac{Pa}{m^6/s^2}$

$\Delta P_v = 1\ bar = 10^5 Pa \rightarrow Q =$ _____ $m^3/s \rightarrow K_{v\,75\%} =$ _____ m^3/h

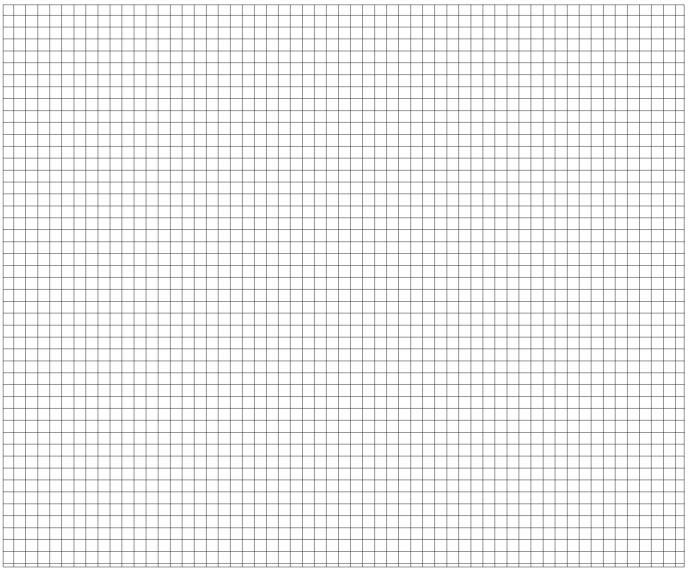
V2: 100%	Diafragma				Válvula			
	ΔP (bar)	ΔP (Pa)	Q (m^3/s)	Q^2 (m^6/s^2)	P1 (bar)	P2 (bar)	ΔP (bar)	ΔP (Pa)
1								
2								
3								
4								
5								

Regresión $\Delta P = AQ^2$; $A =$ _____ $\frac{Pa}{m^6/s^2}$

$\Delta P_v = 1\ bar = 10^5 Pa \rightarrow Q =$ _____ $m^3/s \rightarrow K_{v\,100\%} =$ _____ m^3/h

(iv) Curva inherente

% apertura	K_v ($m^3/h/bar$)	K_v / K_{v100}
25 %		
50 %		
75 %		
100 %		1



INFORME DE PRÁCTICA 3: ENSAYO DE UN VENTILADOR RADIAL

(i) Condiciones ambientales del laboratorio

Temperatura	K	
Presión atmosférica	mmHg	Pa
Densidad aire [Ec. 2]	kg/m^3	

(ii) Datos

Densidad alcohol	780 kg/m^3
Velocidad giro motor eléctrico	2726 rpm
Relación de transmisión	23/28
Diámetro conducto salida	11,5 cm
Diámetro tobera	76,18 mm
Coeficiente derrame tobera	1
Brazo de momento (eje motor - punto de aplicación)	150 mm
Velocidad giro ventilador	rpm

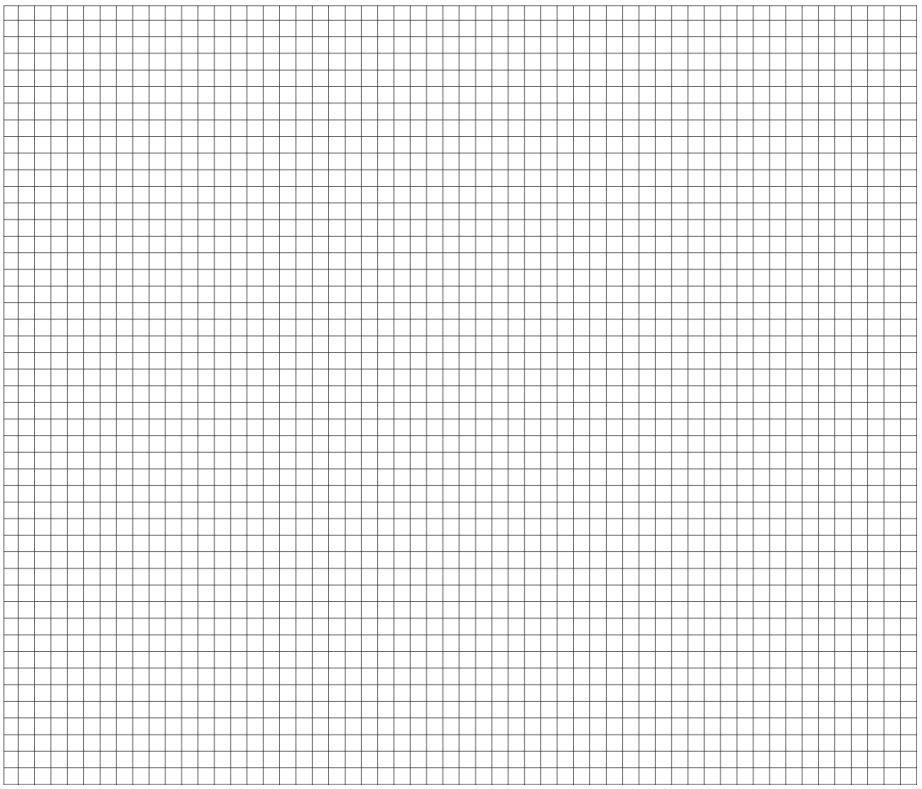
(iii) Datos experimentales

Punto	Altura manométrica $h_{tobera} \equiv h_1$ (mm.c.a)	Altura manométrica $h_{ent\text{-}sal} \equiv h_2$ (mm.c.a)	Fuerza dinamómetro Fd (kp ≡ kgf)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

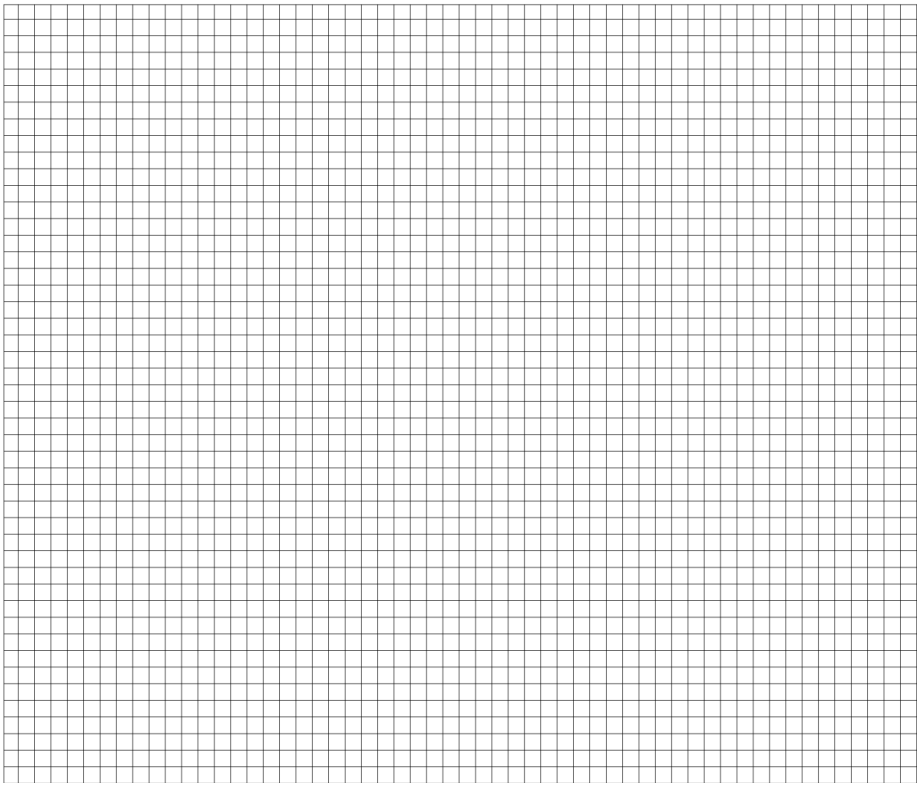
Punto	Caudal Q (m^3/s)	Incremento presión ΔP_{TOT} (Pa)	Potencia absorbida W_{abs} (W)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

(iv) Curvas características

ΔP_{TOT} - Q



N_{abs} - Q



η - Q